

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



TESIS

**CONTROL DE HONGOS ASOCIADOS A LA
PUDRICIÓN DE LA CORONA Y DETECCIÓN DEL
INÓCULO PRIMARIO EN FRUTOS DE BANANO
ORGÁNICO DE EXPORTACIÓN EN PIURA**

PRESENTADA POR:

Br. LEYDIE EVELING PASICHE ABAD

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGRÓNOMO**

PIURA, PERÚ

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



TESIS

**CONTROL DE HONGOS ASOCIADOS A LA PUDRICIÓN DE LA
CORONA Y DETECCIÓN DEL INÓCULO PRIMARIO EN FRUTOS
DE BANANO ORGÁNICO DE EXPORTACIÓN EN PIURA**

PRESENTADA POR:

Br. LEYDIE EVELING PASICHE ABAD

TESISTA

Ing. RENE AGUILAR ANCCOTA
ASESOR

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGRÓNOMO**

PIURA, PERÚ

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



TESIS

**CONTROL DE HONGOS ASOCIADOS A LA PUDRICIÓN DE LA
CORONA Y DETECCIÓN DEL INÓCULO PRIMARIO EN FRUTOS
DE BANANO ORGÁNICO DE EXPORTACIÓN EN PIURA**

PRESENTADA POR:

Br. LEYDIE EVELING PASICHE ABAD

TESISTA

Ing. RENE AGUILAR ANCCOTA
ASESOR

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGRÓNOMO**

PIURA, PERÚ

2018



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
COMISION DE INVESTIGACION AGRICOLA

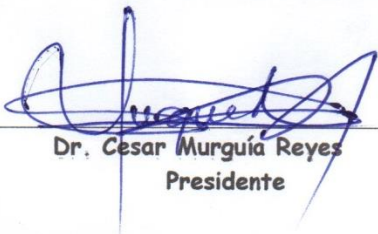


ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS 020-2018-CIAFA-UNP

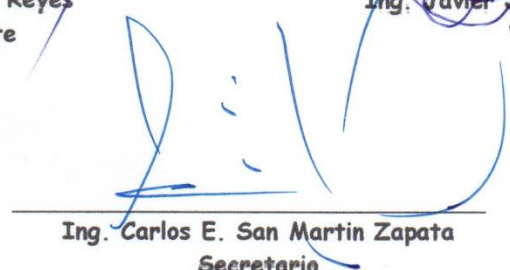
Los miembros del jurado calificador que suscriben, congregados para estudiar el Trabajo de Tesis denominado "CONTROL DE HONGOS ASOCIADOS A LA PUDRICION DE LA CORONA Y DETECCIÓN DEL INÓCULO PRIMARIO EN FRUTOS DE BANANO ORGÁNICO DE EXPORTACION EN PIURA", conducido por la BR. LEYDIE EVELING PASICHE ABAD asesorado por el Ing. René Aguilar Ancota.

Luego de oídas las observaciones y respuestas a las preguntas formuladas, la declaran APROBADA, en consecuencia queda en condiciones de ser calificada APTA para gestionar ante el Consejo Universitario de la Universidad Nacional de Piura, el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo de conformidad con lo estipulado en el artículo N° 171, inciso 2° del Estatuto General de la Universidad Nacional de Piura.

Piura, 20 de Abril del 2018.


Dr. Cesar Murguía Reyes
Presidente


Ing. Javier Javier Alva MSc.
Vocal


Ing. Carlos E. San Martin Zapata
Secretario

DEDICATORIA: A mi padre por tanto amor, confianza y
apoyo.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por ser mi guía espiritual, por ponerme tantas bendiciones y buenas personas en mi camino, y ser quien permite que mis metas se estén cumpliendo.

A mi familia, mis tíos Ana, Teodoro y Beatriz; mis hermanos, Hams y Pool; mis primos Edwin, Xiomara y Jonathan; mi mamá Mary y en especial a mi padre Delfin y mi hermana Nathaly, por darme su apoyo siempre, por hacer mis triunfos también suyos, por amarme y ser mi fuerza en cada cosa que me propongo.

A mi asesor por sus aportes que han enriquecido el estudio, por su participación activa en mi trabajo de investigación, su paciencia, apoyo y consejos.

A mis mejores amigas Aivy, Giulliana y Marilin, que han sido participes de mi formación estos años y con quienes he compartido momentos y sueños en nuestra carrera, por su apoyo moral, afectivo, su amistad y consejos.

A Andri por su apoyo incondicional, tanto en mi trabajo de investigación como de manera personal.

Al proyecto PIP BANANO, por la ayuda económica y la confianza aportada en mí.

Finalmente, a todas aquellas personas que de una u otra forma participaron apoyándome, facilitándome los medios, enseñándome, corrigiendo y enriqueciendo así mi investigación.

RESUMEN

En Piura, la pudrición de corona en banano viene generando pérdidas económicas. Los objetivos fueron: detectar fuentes de inóculo, evaluar *in vitro* y en frutos efecto de biofungicidas contra *Colletotrichum musae*, *Thielaviopsis paradoxa*, *Lasiodiplodia theobromae* y *Fusarium verticillioides*. Se recolectaron restos de tejidos vegetales infectados, se prepararon montajes para observar al microscopio las características de las conidias. Para el ensayo *in vitro* se empleó la técnica “medio envenenado”, se añadieron productos a diferentes dosis en erlenmeyers con medio PDA (50°C), se homogeneizó y se vertió 20 ml a placas de Petri, se dejó solidificar y se sembraron discos de agar más micelio de los hongos. El testigo se sembró sin biofungicidas. Las placas fueron incubadas a 28°C±1, se midió diariamente el crecimiento micelial, culminó cuando el testigo cubrió la superficie del medio. Para frutos se obtuvo como inóculo suspensión de conidias a una concentración de 1x10⁴ UFC/ml de cada hongo y los biofungicidas se prepararon según las dosis en 100 ml de agua. La inoculación de hongos y aplicación de productos se realizó con asperjadores, los frutos fueron embalados en cajas de cartón, se incubaron en refrigeración (T° 13°C) por 18 días y otros 4 días en cámara de maduración. Como fuentes de inóculo se detectaron: raquis, vaina envolvente, inflorescencia, frutos de descarte y deschive, cucula, ramas de mango y vid, hojas de palma. *In vitro*, canelys (0.25 %) y licthor (1 y 2%) inhibieron al 100 % a los hongos *L. theobormae*, *T. paradoxa*, *C. musae* y a *F. verticillioides* inhibieron 100, 90 y 95% respectivamente. En frutos la menor severidad se obtuvo con canelys (0.75 %) con grado 0 frente a *L. theobromae* y *T. paradoxa* y grado 1 frente *F. verticillioides* y 1.67 con BC1000 (0.75 %) frente a *C. musae*.

Palabras claves: Biofungicidas, pudrición de la corona, fuentes de inóculo

ABSTRACT

In Piura, the crown rot in banana has been generating economic losses. The objectives were: to detect sources of inoculum and evaluate *in vitro* and in fruits the effect of biofungicides against *Colletotrichum musae*, *Thielaviopsis paradoxa*, *Lasiodiplodia theobromae* and *Fusarium verticillioides*. Infected plant tissues were collected, assemblies were prepared to observe the characteristics of the conidia under the microscope. For the *in vitro* test, "poisoned medium" was used, products were added at different doses in erlenmeyers with PDA medium (50 ° C), it was homogenized and 20 ml was poured into Petri dishes, allowed to solidify and after that dishes were seeded on agar plus mycelium of the fungi. The control was sown without products. The dishes were incubated at $28^{\circ}\text{C} \pm 1$, mycelial growth was measured daily, culminating when the control covered the surface of the medium. For fruits, an inoculum was obtained as a suspension of conidia at a concentration of 1×10^4 CFU/ml of each fungus and the biofungicides were prepared according to the doses in 100 ml of water. Inoculation of fungi and application of products was performed with sprinklers, the fruits were packed in cardboard boxes, incubated in refrigeration ($T^{\circ} 13^{\circ}\text{C}$) for 18 days and another 4 days in the ripening chamber. As sources of inoculum, we detected: rachis, enveloping pod, inflorescence, fruits of discard and deschive, cucula, branches of mango and vine, palm leaves. *In vitro* canelys (0.25%) and lichthor (1 and 2%) inhibited 100% fungi *L. theobormae*, *T. paradoxa*, *C. musae* and *F. verticillioides* inhibited 100, 90 and 95% respectively. In fruits, the lowest severity was obtained with canelys (0.75%), with grade 0 against *L. theobromae* and *T. paradoxa* and grade 1 against *F. verticillioides* and 1.67 with BC 1000 (0.75%) against *C. musae*.

Key words: Biofungicides, crown rot, inoculum sources.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
CAPÍTULO 1	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. OBJETIVOS	2
CAPÍTULO 2	3
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. Origen y taxonomía	3
2.2. Descripción botánica de la planta de banano	3
2.2.1. Planta	3
2.2.2. Sistema radicular	3
2.2.3. El cormo	4
2.2.4. Las hojas	4
2.2.5. Pseudotallo	5
2.2.6. Inflorescencia	5
2.2.7. Fruto	5
2.3. Factores ambientales	6
2.4. Pudrición de la corona	7
2.4.1. Síntomas	7
2.4.2. Hongos asociados	8
2.4.3. Ciclo de la enfermedad	8
2.4.4. Control de la pudrición de la corona en banano	9
2.5. Hipótesis	11
2.5.1. Hipótesis general	11
2.5.2. Hipótesis específica	11
CAPÍTULO 3	12
3. MATERIALES Y MÉTODOS	12
3.1. Lugar de ejecución	12
3.2. Periodo de ejecución	12
3.3. Detección de fuentes de inóculo	12
3.4. Ensayo de biofungicidas a nivel <i>in-vitro</i>	13
3.4.1. Descripción de biofungicidas	13

3.4.2.	Prueba <i>in – vitro</i> de biofungicidas	14
3.4.3.	Evaluaciones	15
3.4.4.	Diseño experimental y análisis de datos	15
3.5.	Ensayo de biofungicidas en frutos	15
3.5.1.	Obtención de inóculo	15
3.5.2.	Preparación del producto	16
3.5.3.	Inoculación de hongos y aplicación de los productos	16
3.5.4.	Tratamientos y refrigeración de frutos	16
3.5.5.	Evaluación de severidad	17
3.5.6.	Diseño experimental y análisis de datos	18
CAPÍTULO 4		19
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	19
4.1.	Detección de fuentes de inóculo	19
4.2.	Efecto de los biofungicidas a nivel <i>in-vitro</i>	24
4.2.1.	Efecto de los biofungicidas frente al hongo <i>Lasiodiplodia theobromae</i>	24
4.2.2.	Efecto de los biofungicidas frente al hongo <i>Thielaviopsis paradoxa</i>	26
4.2.3.	Efecto de los biofungicidas frente al hongo <i>Colletotrichum musae</i>	28
4.2.4.	Efecto de los biofungicidas frente al hongo <i>Fusarium verticillioides</i>	30
4.3.	Efecto de los biofungicidas en frutos de banano	33
4.3.1.	Efecto de los biofungicidas frente al hongo <i>Lasiodiplodia theobromae</i>	33
4.3.2.	Efecto de los biofungicidas frente al hongo <i>Thielaviopsis paradoxa</i>	34
4.3.3.	Efecto de los biofungicidas frente al hongo <i>Colletotrichum musae</i>	35
4.3.4.	Efecto de los biofungicidas frente al hongo <i>Fusarium verticillioides</i>	36
CAPÍTULO 5		39
5. CONCLUSIONES		39
CAPÍTULO 6		40
6. RECOMENDACIONES		40
CAPÍTULO 7		41
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		41

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadros:	Pág.
Cuadro 1 Características de los biofungicidas que se emplearon a nivel <i>in vitro</i> y en frutos para el control de la enfermedad de pudrición de la corona en banano.	13
Cuadro 2 Biofungicidas y concentraciones (%) para el control a nivel de <i>in vitro</i> de los hongos asociados a la pudrición de la corona en banano.	14
Cuadro 3 Biofungicidas y concentraciones para el control de la pudrición de la corona en frutos de banano.	17
Cuadro 4 Escala del grado de severidad para evaluar la pudrición de la corona en frutos de banano (Douglas, 1997).	17
Cuadro 5 Tejidos vegetales diagnosticadas como fuente de inóculo de los hongos patógenos de la enfermedad de pudrición de la corona en frutos de banano orgánico en valle del Chira.	23
Cuadro 6 Eficiencia <i>in vitro</i> de los biofungicidas contra el hongo <i>Lasiodiplodia theobromae</i> agente causal de la pudrición de la corona en banano.	24
Cuadro 7 Eficiencia <i>in vitro</i> de los biofungicidas contra hongo <i>Thielaviopsis paradoxa</i> agente causal de la pudrición de la corona en banano.	26
Cuadro 8 Eficiencia <i>in vitro</i> de los biofungicidas contra el hongo <i>Colletotrichum musae</i> agente causal de la pudrición de la corona en banano.	28
Cuadro 9 Eficiencia <i>in vitro</i> de los biofungicidas contra el hongo <i>Fusarium verticillioides</i> agente causal de la pudrición de la corona en banano.	30
Cuadro 10 Efecto de los biofungicidas contra el hongo <i>Lasiodiplodia theobromae</i> agente causal de la pudrición de corona en frutos de banano orgánico.	33
Cuadro 11 Efecto de los biofungicidas contra el hongo <i>Thielaviopsis paradoxa</i> agente causal de la pudrición de corona en frutos de banano orgánico.	35
Cuadro 12 Efecto de los biofungicidas contra el hongo <i>Colletotrichum musae</i> agente causal de la pudrición de corona en frutos de banano orgánico.	36
Cuadro 13 Efecto de los biofungicidas contra el hongo <i>Fusarium verticillioides</i> agente causal de la pudrición de la corona en frutos de banano orgánico.	36

Cuadro 14	Análisis de varianza del efecto de los biofungicidas anivel de <i>in vitro</i> en la inhibición del crecimiento micelial del hongo <i>Lasiodiplodia theobromae</i> . Piura-2018.	46
Cuadro 15	Análisis de varianza del efecto de los biofungicidas anivel de <i>in vitro</i> en la inhibición del crecimiento micelial del hongo <i>T. paradoxa</i> Piura-2018.	46
Cuadro 16	Análisis de varianza del efecto de los biofungicidas anivel de <i>in vitro</i> en la inhibición del crecimiento micelial del hongo <i>C. musae</i> Piura-2018.	46
Cuadro 17	Análisis de varianza del efecto de los biofungicidas anivel de <i>in vitro</i> en la inhibición del crecimiento micelial del hongo <i>F. verticillioides</i> Piura-2018.	46
Cuadro 18	Análisis de varianza del efecto de los biofungicidas en frutos de banano en la inhibición del crecimiento micelial del hongo <i>Lasiodiplodia theobromae</i> . Piura-2018.	47
Cuadro 19	Análisis de varianza del efecto de los biofungicidas a nivel de frutos en la inhibición del crecimiento micelial del hongo <i>T. paradoxa</i> Piura-2018.	47
Cuadro 20	Análisis de varianza del efecto de los biofungicidas a nivel de frutos en la inhibición del crecimiento micelial del hongo <i>C. musae</i> Piura-2018.	47
Cuadro 21	Análisis de varianza del efecto de los biofungicidas en frutos de banano el grado de severidad del hongo <i>F. verticillioides</i> Piura-2018.	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figuras:	Pág.
Figura 1 Inflorescencia de banano colonizado con el hongo <i>Fusarium</i> spp.	20
Figura 2 Raquis de banano colonizado con el hongo <i>Colletotrichum musae</i> .	20
Figura 3 Frutos de deschive colonizados con los hongos <i>Fusarium</i> spp. y <i>L. theobromae</i> .	21
Figura 4 Restos de raquis de banano colonizado con los hongos <i>Fusarium</i> spp. y <i>Lasiodiplodia theobromae</i> .	21
Figura 5 Cucula de banano colonizado con los hongos <i>Lasiodiplodia theobromae</i> y <i>Fusarium</i> spp.	22
Figura 6 Vaina envolvente del pseudotallo de banano colonizado con el hongo <i>Lasiodiplodia theobromae</i> .	22
Figura 7 Caña de Guayaquil (techo del lugar de proceso) colonizado con el hongo <i>Lasiodiplodia theobromae</i> .	23
Figura 8 a) desarrollo del hongo <i>L. theobromae</i> (testigo), b y c) efecto del biofungicida lichthor 1.0 y 2.0 ml/ 100 ml y d) canelys 0.25 ml/100 ml de PDA se observa 100% de inhibición micelial.	25
Figura 9 a) Desarrollo micelial del hongo <i>T. paradoxa</i> (testigo) b y c) efecto del biofungicida lichthor 1.0 y 2.0 ml/ 100 ml y d) canelys 0.25 ml/100 ml de PDA se observa 100% de inhibición micelial.	27
Figura 10 a) Desarrollo micelial del hongo <i>C. musae</i> (testigo) b y c) efecto del biofungicida lichthor 1 y 2 ml/100 ml de PDA y d) canelys 0.25 ml/100 ml se aprecia 100 % de inhibición micelial.	29
Figura 11 a) Desarrollo micelial del hongo <i>F. verticillioides</i> , (testigo) b y c) efecto del producto lichthor 1 y 2 ml/100 ml de PDA y d) canelys 0.25 ml/100 ml de PDA se aprecia 90, 95 y 100 % de inhibición del crecimiento micelial del hongo respectivamente.	31

Figura 12	Frutos de banano con grado de severidad 0 (cero) con el tratamiento testigo absoluto (sin inoculación).	37
Figura 13	Efecto del biofungicida canelys (0.75%) en frutos de banano con grado de severidad 0 (cero) frente al hongo <i>T. paradoxa</i> .	37
Figura 14	Efecto del biofungicida BC 1000 (0.75%) en frutos de banano con grado de severidad 1.67 frente al hongo <i>C. musae</i> .	38
Figura 15	Frutos de banano con grado de severidad 6, inoculados con los hongos <i>T. paradoxa</i> , <i>C. musae</i> y <i>F. verticillioides</i> .	38

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

En Piura, el cultivo de banano orgánico ha adquirido mucha importancia ya que genera ingresos económicos a los productores bananeros, según ANDINA (2016), las exportaciones de banano orgánico hacia Europa, Canadá, Japón y Estados Unidos se incrementaron en un 19%.

Actualmente el área sembrada con certificación es aproximadamente 9500 ha, el volumen de exportación varió de 82 mil toneladas en el 2009 a 160 mil en el 2014, un incremento de 94%. Mientras que en términos de valor FOB, se observa un incremento de US\$ 51 millones a US\$ 119 millones. Esta tendencia confirma que el mercado del banano orgánico sigue dinamizándose y constituye una opción muy interesante para los productores (MINAGRI, 2015). Sin embargo, frente a este panorama positivo se vienen presentando problemas fitosanitarios como: daño por insectos y enfermedades causadas por bacterias, nematodos, virus y hongos, que en conjunto ocasionan pérdidas económicas.

Una de las enfermedades más importantes en frutos de banano orgánico de exportación es la pudrición de la corona cuyos agentes causales son los hongos *Thielaviopsis paradoxa*, *Lasiodiplodia theobromae*, *Colletotrichum musae* y *Fusarium verticillioides*, es considerada la principal enfermedad que afecta al banano a nivel postcosecha, el inóculo es acarreado desde las plantaciones hacia las zonas de proceso (Soto, 1995; García, 2011). La pudrición de la corona se presenta en todo el mundo durante la fase de postcosecha en frutos de bananos y plátanos lo que afecta la calidad de la fruta, y estas no pueden ser comercializadas ni exhibidas en los supermercados lo que genera pérdidas económicas a los agricultores y comercializadores (Ploetz *et al.*, 1994).

Se justificó realizar este trabajo de investigación en donde se detectaron las fuentes de inóculo y se evaluó el efecto inhibitorio de los biofungicidas a nivel de *in vitro* y en frutos frente a los hongos causantes de la enfermedad, los resultados obtenidos se irradiarán a los agricultores y técnicos agropecuarios involucrados a la cadena de banano orgánico.

1.1. OBJETIVOS

- a) Detectar en campo las fuentes de inóculo de la enfermedad de pudrición de la corona en frutos de banano orgánico.
- b) Evaluar *in vitro* el efecto de biofungicidas comerciales contra los hongos *Colletotrichum musae*, *Thielaviopsis paradoxa*, *Lasiodyplodia theobromae* y *Fusarium verticillioides* agentes causales de la enfermedad de pudrición de la corona en banano orgánico.
- c) Evaluar en frutos de banano el efecto de biofungicidas comerciales contra los hongos *Colletotrichum musae*, *Thielaviopsis paradoxa*, *Lasiodyplodia theobromae* y *Fusarium verticillioides* agentes causales de la enfermedad de pudrición de la corona.

CAPÍTULO 2

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Origen y taxonomía

La planta conocida como banano agrupa un gran número de clones partenocarpicos pertenecientes al género *Musa*, de la familia *Musaceae* (Rodríguez, 1955; Von Loesecke, 1950).

El centro de origen del banano silvestre es el sureste de Asia y las islas del Pacífico, extendiéndose desde la India hasta Papua Nueva Guinea, incluyendo Malasia e Indonesia (De Langhe, 1996; Simmonds, 1959; Soto, 1992).

La característica comestible evolucionó primero en la *Musa* silvestre de la especie *acuminata*. La evidencia taxonómica indica que el centro primario donde la comestibilidad evolucionó fue la Península Malaya, incluyendo, posiblemente, los territorios vecinos más cercanos (Simmonds, 1995).

2.2. Descripción botánica de la planta de banano

2.2.1. Planta

Herbácea perenne gigante, con rizoma corto y tallo aparente, que resulta de la unión de las vainas foliares, cónico y de 3.5 – 7.5 m de altura, terminando en una corona de hojas (Martínez, 2010).

2.2.2. Sistema radicular

Las raíces del banano poseen forma de cordón y aparecen en grupos de 3 o 4. Posee raíces superficiales y se distribuye en una capa de 30 a 40 cm, se encuentra mayor concentración de estas, entre los primeros 15 a 20 cm de profundidad. Las raíces son de

color blanco, cuando emergen y se vuelven amarillenta y duras, su diámetro oscila entre 5 a 10 mm; la longitud varia y puede llegar entre 5 y 10 m en crecimiento lateral, si no son obstaculizadas durante su crecimiento, y hasta 1.5 m de profundidad. El poder de penetración de las raíces del banano es débil y su distribución radical está relacionada con la textura y estructura del suelo (Lavillé, 1964; Beugnom y Champion, 1966).

2.2.3. El cormo

Morfológicamente, el cormo se define como un tallo que desarrolla hojas en la parte superior y raíces adventicias en la parte inferior o rizomorfo; produce una yema vegetativa o retoño que sale de la planta madre y sufre un cambio anatómico y morfológico de los tejidos y al crecer diametralmente forma el cormo. Los nudos están muy agrupados y en cada uno de ellos hay una hoja cuya base foliar se extiende lateralmente hasta circundarlo. Tanto las hojas bien desarrolladas como las escumiformes de lámina foliar reducida que las anteceden, subtienden una sola yema lateral o futuro retoño (Champion, 1968).

El cormo es un importante órgano de almacenamiento que ayuda a sustentar el crecimiento del racimo y el desarrollo de los hijos de la planta, antes de la floración el cormo contiene cerca del 35% del total de materia orgánica de la planta, el cual baja un 20% al momento que alcanza la madurez del fruto, conforme las reservas se redistribuyen durante el crecimiento (Robinson, 1996).

2.2.4. Las hojas

Las hojas se originan del punto central de crecimiento o meristemo terminal, situado en la parte superior del bulbo, luego se forma precozmente el peciolo y la nervadura central terminada en filamento, lo que será la vaina posteriormente. La lamina foliar es dorsiventral y glabra. Externamente, el limbo se observa como una lámina delgada, muy verde en su cara superior y más o menos glauca en la inferior, esta surcada por una nervadura estriada formada por las venas mayores que resaltan en la cara adaxial. La producción de las hojas cesa cuando emerge la inflorescencia (Soto, 2002).

2.2.5. Pseudotallo

El pseudotallo ofrece a la planta el apoyo y la capacidad de almacenar reservas amiláceas; por otra parte, le permite alcanzar mayor altura y elevar el nivel de las láminas foliares que captan la luz solar. Una planta adulta puede medir 5 m de altura y 40 cm de diámetro según el clon. Su estructura es resistente y puede soportar el peso de las láminas foliares y de su inflorescencia que llegan hasta 75 kg (Aubert, 1973; Simmonds, 1973).

2.2.6. Inflorescencia

En una de las fases intermedias del desarrollo fisiológico de la planta, parte del punto de crecimiento se transforma en una yema floral, para iniciar la inflorescencia sale por el centro del pseudotallo, puede tener de 5 a 8 cm de diámetro y es de color blanco, cuando emerge del mismo se convierte en raquis externo se torna de color verde (Simmonds, 1973).

Cuando se han producido cerca de 20 hojas, surge el tallo floral, cuya continuación forma el eje de la inflorescencia, donde las hojas son reemplazadas por brácteas femeninas y masculinas dando origen a la bellota o chira, la inflorescencia está formada por glomérulos florales dispuestas en dos hileras e insertadas en el raquis, conocidos como coronas (manos, por su parte las flores corresponden a tres clases: pistiladas, que forman las manos superiores, neutras, en la sección central y estaminadas, que se ubican en el punto terminal del racimo (León, 1987).

2.2.7. Fruto

El fruto se forma partiendo de los ovarios de las flores pistiladas que muestran un gran aumento de volumen; la parte comestible es el resultado del engrosamiento de las paredes del ovario convertido en una masa parenquimatosa cargada de azúcar y almidón (León, 1987).

Este fruto se lo cosecha verde (madurez fisiológica), con un calibre aproximado de 35 a 44 mm, largo de 21 cm mínimo y forma curva. Cuando madura es rico en vitaminas (A, C, EK, y complejo B) y minerales (Ca, P), sin embargo, se caracteriza por poseer 370 mg de Potasio (K) por cada 100 g de pulpa, por ende, es recomendada en la dieta humana para suplir los requerimientos diarios de K, restituir la energía, combatir el cansancio y evitar la deshidratación (Ordoñez, 2005; Vitadelia, 2008).

Los frutos climatéricos se caracterizan por producir la hormona de maduración, etileno, con el objetivo de continuar con su maduración al ser separados de la planta. Su actividad respiratoria asciende a través de la maduración hasta llegar a su máximo (pico climatérico), terminando así la madurez organoléptica y comenzando la etapa de senescencia o envejecimiento (FAO, 2003).

2.3. Factores ambientales

Entre los factores ambientales que influyen en la explotación comercial del banano se encuentran: Temperatura, Agua, Luz, Viento y Suelo.

- a) Temperatura: la temperatura óptima se encuentra entre los 20° y 30 ° C.
- b) Agua: este cultivo requiere cantidades abundantes de agua para su buen desarrollo
- c) Luz: al disminuir la intensidad de luz, el ciclo vegetativo de la planta se alarga. La actividad fotosintética aumenta rápidamente cuando la luminosidad esta entre 2000 y 10000 luz (hora luz/año), bajo condiciones de baja luminosidad el ciclo vegetativo se alarga y pasa de 8.5 meses en plantaciones bien expuestas a la luz, hasta 14 meses en plantas que crecen en sombra.
- d) viento: los plátanos toleran vientos hasta de 40 kilómetros por hora. Velocidades de 20 a 30 kilómetros por hora producen un leve desgarre en las hojas que no afectan el rendimiento, si la plantación no está bien nutrida pueden provocar doblamiento de la planta. Vientos con una velocidad mayor a 50 kilómetros por hora pueden producir desenraizamiento y doblado de la planta, causando pérdidas del 60 al 100%. A nivel mundial se puede estimar una pérdida de cosecha del 20 al 30% por efectos del viento. e)
- suelo: se requieren suelos con profundidad no menor a 1.2 m., sin problemas internos de drenaje, de textura franco arenosa muy fina, franco limoso o franco arcillo limoso y un pH de 5.5 a 7.0. (CENTA, 2010).

2.4. Pudrición de la corona

La principal enfermedad de postcosecha en plátano es conocida como pudrición de la corona o crown rot. Dicha enfermedad se inicia con un reblandecimiento de los tejidos superficiales en los restos del raquis y en la corona o cojinete que adquiere un color marrón oscuro o negro que puede avanzar hasta afectar a los pedicelos e incluso a los dedos individuales en los casos más graves (Alvindhia *et al.*, 2000). En el corte de la superficie de la corona se desarrolla un fieltro o capa micelial de color blanquecino, grisácea o rosa. El micelio y la pudrición estropean a la apariencia fresca y limpia de la maduración de la fruta (Duque *et al.*, 2004). En casos severos la pudrición penetra profundamente en los dedos, que pueden llegar a desprenderse de la corona y alcanzar la pulpa perdiéndose la totalidad del fruto (Muirhead y Jones, 2000).

El complejo de hongos causales se multiplica en la hojarasca seca, brácteas y los restos florales de los dedos, los cuales se mueven en la fruta cosechada y se instalan durante el desmane y lavado de frutos en el proceso de beneficio y empaque. Los hongos más frecuentemente involucrados son *Fusarium pallidoroseum* (si *F. semitectum*, *F. roseum*), *C. musae* y *Verticillium theobromae* así como un complejo de especies de *Fusarium*, *Cephalosporium*, *L. theobromae* entre otros (Ploetz y Correll, 1988; Stover y Dickson, 1976).

2.4.1. Síntomas

Se ha estimado que durante los primeros 7 días de transporte (exportación) se presenta los síntomas, a los 14 días la pudrición es más severa. Los síntomas se extienden rápidamente durante la maduración, desde el pedicelo hasta la pulpa cuando la pudrición es severa, o si *Theilaviopsis paradoxa* está presente (Ploetz *et al.*, 2003).

La pudrición de la corona consiste en un ablandamiento y ennegrecimiento del tejido superficial en el corte de la corona, el cual se propaga hacia los peciolos (González, 1987). Este complejo de microorganismos causantes de la enfermedad crece rápidamente a temperaturas tropicales (entre 25 °C A 30°C), y disminuye su tasa de desarrollo a bajas temperaturas, como las que se usan en barcos de transporte del producto (13.3 °C a 12.5

°C). Se dice además que el periodo de tiempo que transcurre desde la cosecha hasta el enfriamiento es muy importante en el desarrollo de la enfermedad. Las lesiones causadas por el hongo *Colletotrichum musae* son descritas como coronas suaves, secas y fibrosas mientras que las causadas por *Fusarium pallidoroseum* se observan más oscuras y firmes (Finlay y Brown, 1993).

2.4.2. Hongos asociados

Esta enfermedad se diferencia del resto de las enfermedades de postcosecha en que su agente causal está constituido por un conjunto o complejo de especies fúngicas catalogadas como “de herida o debilidad”. Estos organismos poseen una escasa capacidad parasitaria ya que por sí mismas son incapaces de producir una enfermedad y necesitan para iniciar el ataque la vía de entrada que representan las heridas y daños de la piel de los frutos y de la corona de las manos, así como condiciones ambientales propicias para su desarrollo. Generalmente son especies fúngicas que forman parte de la microflora del cultivo. Estas especies varían sensiblemente por la influencia zonal y estacional siendo las más comunes en Canarias: *Acremonium* sp., *Alternaria alternata*, *Cladosporium* spp., *Colletotrichum* sp., *C. musae*, *Fusarium* spp., *F. verticilloides*, *F. oxysporum*, *F. proliferatum*, *F. roseum*, *Geotrichum* sp., *Gliocladium* sp., *Nigrospora* sp., *Nigrospora oryzae*, *Penicillium* spp., *Stemphylium* sp., *V. theobromae* (Hernández *et al.*, 1984; Anónimo, 1994; Perera *et al.*, 2004).

2.4.3. Ciclo de la enfermedad

Los hongos que causan esta enfermedad esporulan sobre la pudrición diseminándose las conidias a través del viento y por salpicadura de agua a todas las partes de la fruta. La infección ocurre primeramente en la superficie del corte de la corona, durante el closteo con curvos contaminados y el lavado con agua contaminada.

La fruta en desarrollo puede ser infectada y provocar pérdidas postcosecha. En postcosecha frutos que han sido infectados en campo, las lesiones empiezan a desarrollarse y progresa con mayor facilidad cuando los frutos son llevados al container, y son transportados a temperaturas entre 13.5°C a 15.5 °C.

La frecuencia de esta enfermedad aumenta en periodos de alta humedad y lluvia. Las conidias son diseminadas por el viento e infectan las partes florales senescentes. Puede afectar los frutos después de la cosecha. (Ploetz *et al.*, 2003).

2.4.4 Control de la pudrición de la corona en banano

a) Control químico

Tradicionalmente, para controlar la pudrición de la corona se ha utilizado un producto en el agua de lavado, para coagular el látex que exuda el corte. Usualmente, este producto es sulfato amónico de aluminio o “alumbre”. Posteriormente, se ha aplicado un fungicida como el thiabendazole o benzimidazole, llamado comercialmente como “Mertec” (Díaz *et al.*, 1995, citado por Rodríguez, 1999).

La concentración del fungicida aplicado ha ido variando con el tiempo y sigue dependiendo del destino de exportación del banano. Para el año de 1997 se aplicaba 400 ppm de thiabendazole y 1% de alumbre para mercados en los Estados unidos de América y 600 ppm de thiabendazole y 1% de alumbre para mercados europeos (Soto, 1995, citado por Sasaki, 1997).

b) Remoción de flores y hojas

Se ha practicado la remoción de brácteas de las flores no funcionales, como un principio de control de la enfermedad (Slabaugh y Grove, 1982). Se halló que los conidios y esporas de los hongos en estas estructuras un medio para desarrollarse (De Lapeyre y Mourichon, 1998).

c) Biofungicidas

La bacteria *Pseudomonas syringae* y las levaduras que aparecen naturalmente en la manzana y pera, son una opción como biocontroladores contra varios hongos patógenos que ocasionan el deterioro de las frutas en los procesos postcosecha. Por ejemplo, *P. syringae*, específicamente la cepa ESC-11 es efectiva para reducir la pudrición de la corona en banano, producida por un complejo de hongos, incluyendo *F. semitectum* y *F. moniliforme*.

El control biológico en la etapa de postcosecha tiene ventajas significativas en relación al biocontrol bajo condiciones de campo, ya que los dos factores más importantes que tienen que ver con el éxito del biocontrol son la temperatura, la humedad relativa constante y la facilidad de acceso. Estos factores reducen la variabilidad en el biocontrol, haciendo que el sistema sea más sencillo en cuanto a su manejo (Janisiewicz, 2000).

En Perú, el control de las enfermedades de banano orgánico ha conllevado a nuevas alternativas a los pesticidas químicos sintéticos, por ejemplo, el uso de: Biopesticidas de origen vegetal; extractos de cítricos y sustancias naturales. Los extractos cítricos son una magnífica alternativa de control de la pudrición de la corona de banano y mejor si el tratamiento es por inmersión de todo el clúster, además el extracto de toronja (100 ppm), es eficaz como potabilizador o desinfectante del agua de la tina de lavado de los bananos (Llontop, 2009).

2.5. HIPÓTESIS

2.5.1. Hipótesis general

- a) Los biofungicidas controlan la enfermedad de la pudrición de la corona causada por un complejo de hongos.

2.5.2. Hipótesis específica

- a) Distintos tejidos vegetales del cultivo de banano son fuentes de inóculo de los hongos causantes de la pudrición de la corona.
- b) *In vitro* los biofungicidas presentan acción inhibitoria contra los hongos causantes de la pudrición de la corona.
- c) En frutos los biofungicidas presentan acción inhibitoria contra los hongos causantes de la pudrición de la corona.

CAPÍTULO 3

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

El presente trabajo de investigación se realizó en el laboratorio de Fitopatología del Departamento de Sanidad Vegetal, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Piura, Piura.

La incubación de los frutos se realizó en la cámara de refrigeración de la Empresa DOLE, Sullana, Piura.

3.2. Periodo de ejecución

El periodo de ejecución fue de 8 meses, se inició en el mes de julio del 2017 y finalizó en marzo del 2018.

3.3. Detección de fuentes de inóculo

Se recolectaron diferentes tejidos vegetales en campo infectados por los hongos como: restos de frutos de banano de descarte, frutos del deschive, raquis, inflorescencias, vainas envolventes, cucula, ramas de vid y mango, entre otros; de estas muestras se prepararon montajes con el fin de observar a través del microscopio compuesto las características morfológicas del patógeno (estructuras vegetativas y reproductivas). La identificación de los hongos se realizó a través de las claves propuestas por Barnett y Hunter, (1998).

3.4. Ensayo de biofungicidas a nivel *in-vitro*

3.4.1. Descripción de biofungicidas

Los biofungicidas empleados, ingrediente activo, características y casa comercial, se presenta en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Características de los biofungicidas que se emplearon a nivel *in vitro* y en frutos para el control de hongos asociados a la pudrición de la corona en banano.

Nombre Comercial	Ingrediente Activo	Modo de acción	Firma comercial
Ecoswing	(<i>Swinglea glutinosa</i>)	Actúa por contacto sobre las estructuras reproductivas y vegetativas de los hongos.	Farmex S.A.
Desfan	(Extracto de <i>Citrus maxima</i>)	Actúa por contacto, precipitando las proteínas de las membranas celulares, rompiendo los enlaces β de la pared celular fúngica desordenando el estado estructural y funcional.	Inventi S.A.
BC 1000	(Extracto de semilla y pulpa de cítricos)	Actúa por contacto, es preventivo y curativo, provocando la ruptura de la pared celular e inactivando los procesos vitales de los hongos.	Chemie S.A.
Licthor	(Sucratos)	Interrumpe el funcionamiento de la membrana y pared celular de los hongos, produciendo plasmólisis celular.	Biogen Agro S.A.C.
Canelys	(Extracto de <i>Cinnamomum zeylanicum</i>)	Actúa por contacto, inhibiendo la germinación de las conidias y crecimiento micelial de hongos.	Atlántica Agrícola S.A.

3.4.2. Prueba *in – vitro* de biofungicidas

La acción de los biofungicidas se evaluó por la técnica del medio envenenado, que consistió en añadir los productos a diferentes dosis (Cuadro 2) en erlenmeyers que contenían medio de cultivo PDA (Papa Dextrosa Agar) a punto de plaqueo (50°C), se mezcló hasta homogeneizarse, por cada dosis se trabajó con 4 repeticiones. Obtenida la mezcla, se vertió 20 ml a placas Petri estériles y se dejó solidificar; luego se sembraron discos de agar de 0.6 mm de diámetro + crecimiento micelial de los hongos *C. musae*, *T. paradoxa*, *L. theobromae* y *F. verticilloides*. Los discos se sembraron en el centro de la placa teniendo cuidado de poner en contacto el micelio del hongo con el micelio del cultivo envenenado.

Para el tratamiento testigo se sembró en placas con medio de cultivo PDA sin productos en ensayo. Las placas sembradas fueron incubadas a 28°C±1, se realizaron mediciones diarias del diámetro del crecimiento micelial del hongo, cuya evaluación culminó cuando el tratamiento testigo cubrió por completo toda la superficie del medio.

Cuadro 2. Biofungicidas y dosis para el control a nivel de *in vitro* de los hongos asociados a la pudrición de la corona en banano.

Tratamientos	Biofungicidas	Dosis (ml/100 ml PDA)
T1	Ecoswing	0.5
T2	Ecoswing	1.0
T3	Desfan	0.15
T4	Desfan	0.25
T5	BC 1000	0.15
T6	BC 1000	0.25
T7	Licthor	1.0
T8	Licthor	2.0
T9	Canelys	0.25
T10	Testigo	----

El efecto de los productos biofungicidas fue determinado calculando el porcentaje de inhibición del crecimiento micelial del hongo usando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de inhibición} = (C - T / C) * 100$$

Dónde:

T: Crecimiento del diámetro de la colonia micelial en cada tratamiento

C: Crecimiento del diámetro de la colonia micelial en el testigo

3.4.3. Evaluaciones

Para las evaluaciones, cada placa se dividió en cuatro partes, trazando dos líneas perpendiculares cruzadas en la base de las placas, estimándose el crecimiento del diámetro del micelio en dos lados (a-b y c-d). La inhibición del crecimiento micelial por tratamientos se evaluó cada 24 horas, hasta que el tratamiento testigo haya cubierto toda la superficie del medio.

3.4.4. Diseño experimental y análisis de datos

Cada tratamiento en estudio tuvo cuatro repeticiones, se empleó el Diseño Completamente al Azar (DCA), para calcular el ANVA y Duncan se empleó el software 5.0 *Statistical Analysis Systems* (SAS), y para los cuadros se empleó el programa Excel.

3.5. Ensayo de biofungicidas en frutos

3.5.1. Obtención de inóculo

En placas con cultivo puro de los hongos en estudio se agregaron 10 ml de agua destilada estéril y con una espátula de Drigalsky se removió suavemente la superficie del medio con el crecimiento micelial, con la finalidad de que se desprendan las conidias. La suspensión fungosa que contenía conidias y micelio de cada hongo se filtró en algodón estéril contenido en un embudo de vidrio, con la finalidad de separar restos de micelio; de

esta manera se obtuvo una suspensión de conidias y se ajustó en el espectrofotómetro a una concentración de 1×10^4 UFC/ml.

3.5.2. Preparación del producto

Para cada uno de los productos comerciales se extrajo con una pipeta estéril la dosis y se diluyó en vasos precipitados conteniendo agua estéril de 100 ml, posteriormente se mezcló cada producto y se depositó sobre botellas asperjadoras.

3.5.3. Inoculación de hongos y aplicación de los productos

Los clústers de frutos de banano fueron inoculados en la corona por aspersión con una suspensión de conidias a una concentración de 1×10^4 UFC/ml de los hongos *C. musae*, *T. paradoxa*, *L. theobromae* y *F. verticillioides*, posteriormente fueron aplicados por aspersión con los productos biofungicidas en ensayo a diferentes concentraciones (Cuadro 3).

3.5.4. Tratamientos y refrigeración de frutos

Los frutos inoculados y tratados con los productos biofungicidas fueron embalados en cajas de cartón de 18.4 kg con bolsas de empaque y se colocaron en cámara de refrigeración a 13°C por un tiempo de 18 días y otros 4 días en cámara de maduración.

Cuadro 3. Biofungicidas y concentraciones para el control de la pudrición de la corona en frutos de banano.

Tratamientos	Nombre Comercial	Concentración (%)
T1	Ecoswing	1.5
T2	Desfan	0.75
T3	BC 1000	0.75
T4	Licthor	2.0
T5	Canelys	0.75
T6	Testigo	Inoculado y sin biofungicida
T7	TA	Sin inoculación

TA= testigo absoluto

3.5.5. Evaluación de severidad

La evaluación del grado severidad se realizó a los 22 días después de la inoculación (ddi), teniendo como referencia la escala propuesta por Douglas (1997) (Cuadro 4).

Cuadro 4. Escala del grado de severidad para evaluar la pudrición de la corona en frutos de banano (Douglas, 1997).

Grado de severidad	Características
0	No hay pudrición en la corona del fruto
1	Micelio visible en la corona.
2	Micelio cubre completamente la corona e inicia una decoloración.
3	Superficie necrótica de un 40% de la corona.
4	Superficie necrótica de un 80% de la corona
5	Corona necrótica sin infección de pedicelos
6	Corona totalmente con pudrición, pedicelos y parte de la cascara del fruto necrótica.

3.5.6. Diseño experimental y análisis de datos

Cada tratamiento en estudio tuvo 6 repeticiones, se empleó el Diseño Completamente al Azar (DCA), para calcular el ANVA y Duncan se empleó el software 5.0 *Statistical Analysis Systems* (SAS) y para los cuadros se empleó el programa Excel.

CAPÍTULO 4

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Detección de fuentes de inóculo

De las muestras diagnosticadas se detectaron como fuente de inóculo los siguientes tejidos vegetales: raquis, vaina envolvente, inflorescencia, frutos de descarte, frutos de deschive, madera de coco, cucula, ramas de mango y de vid, caña de guayaquil, hojas secas de palma, entre otros (Cuadro 5). Los resultados de este estudio coinciden con los reportes de Ploetz *et al.*, (2003) y Slabaugh y Grove (1982), donde indican que los hongos que causan pudrición de corona se encuentran en campos de banano colonizando hojas muertas, inflorescencias, flores secas, brácteas y en frutos. En el valle del Chira las zonas de proceso están cerca de las plantaciones de banano donde se encuentran los restos de cosecha, además en la frontera de las parcelas los productores siembran frutales como: vid, mango ciruelo, mango criollo y palmas cocoteras; los cuales se comportan como fuentes de inóculo de los patógenos; se ha podido observar que en las muestras recolectadas del campo hubo esporulación de los hongos, es probable que las conidias sean dispersadas por el viento, por las herramientas de trabajo, por la indumentaria de las personas, y estas queden en contacto con las heridas en la corona de los frutos en el momento del proceso, o sean depositadas en el agua de proceso y se convierta en una fuente de inóculo de la enfermedad. Según Ploetz *et al.*, (2003) indican que las conidias de los hongos causantes de pudrición de la corona son dispersadas por el viento, agua de riego, insectos y aves. Sin embargo, no se detectó fuente de inóculo del hongo *Thielaviopsis paradoxa*, posiblemente se deba a que las condiciones de humedad relativa y temperatura no hayan sido favorables para la infección y esporulación, ya que el estudio se realizó en los meses de julio del 2017 a marzo 2018 donde no hubo precipitaciones y en la estación de verano la temperatura fue mayor a 32°C.

De acuerdo con los estudios realizados en Brasil por Silva (2013), demuestran que las condiciones óptimas para el crecimiento y desarrollo del hongo *T. paradoxa* oscilan entre 15 a 25°C. Los productores bananeros por el desconocimiento del tema, no toman medidas preventivas para evitar que se forme como fuente de inóculo los restos de tejidos vegetales infectados, por la tanto para reducir la incidencia de la enfermedad se debe tener en cuenta la asepsia en el área de proceso.



Figura 1. Inflorescencia de banano colonizado con el hongo *Fusarium* spp.



Figura 2. Raquis de banano colonizado con el hongo *Colletotrichum musae*.



Figura 3. Frutos de deschive colonizados con los hongos *Fusarium* spp. y *L. theobromae*.



Figura 4. Restos de raquis de banano colonizado con los hongos *Fusarium* spp. y *Lasiodiplodia theobromae*.



Figura 5. Cucula de banano colonizado con los hongos *Lasiodiplodia theobromae* y *Fusarium* spp.



Figura 6. Vaina envolvente del pseudotallo de banano colonizado con el hongo *Lasiodiplodia theobromae*.



Figura 7. Caña de Guayaquil (techo del lugar de proceso) colonizado con el hongo *Lasiodiplodia theobromae*.

Cuadro 5. Tejidos vegetales diagnosticadas como fuente de inóculo de los hongos patógenos de la enfermedad de pudrición de la corona en frutos de banano orgánico en valle del Chira.

Tejidos vegetales como fuente de inóculo	Hongos detectados e identificados
Raquis de banano	<i>Fusarium</i> spp., <i>L. theobromae</i> , <i>C. musae</i>
Vaina envolvente	<i>L. theobromae</i>
Inflorescencia	<i>Fusarium</i> spp.
Frutos de descarte	<i>Fusarium</i> spp., <i>L. theobromae</i> , <i>C. musae</i>
Frutos de deschive	<i>Fusarium</i> spp., <i>L. theobromae</i>
Madera de coco	<i>L. theobromae</i>
Cucula	<i>Fusarium</i> spp, <i>L. theobromae</i>
Ramas de mango	<i>L. theobromae</i>
Ramas de vid	<i>L. theobromae</i>
Caña de Guayaquil	<i>L. theobromae</i>
Hojas secas de palma	<i>Alternaria</i> sp.

4.2. Efecto de los biofungicidas a nivel *in-vitro*

4.2.1. Efecto de los biofungicidas frente al hongo *Lasiodiplodia theobromae*

Los resultados del efecto de biofungicidas frente al hongo *L. theobromae* se aprecian en el cuadro 6 y figura 8, donde los tratamientos con los biofungicidas Canelys (0.25 ml/100 ml de PDA) y Licthor (1 y 2 ml/100 ml de PDA) inhibieron al 100 % el crecimiento micelial del hongo, no presentaron diferencia significativa entre ellos demostrándose la eficiencia de estos biofungicidas con actividad inhibitoria del crecimiento micelial del hongo, superando al testigo y a otros tratamientos.

Cuadro 6. Eficiencia *in vitro* de los biofungicidas contra el hongo *Lasiodiplodia theobromae* agente causal de la pudrición de la corona en banano.

Tratamientos	Dosis (ml/100 ml de PDA)	Inhibición respecto al testigo (%)
Ecoswing	0.5	0.0 e
Ecoswing	1.0	2.4 d
Desfan	0.15	0.0 e
Desfan	0.25	2.4 d
BC 1000	0.15	31.0 c
BC 1000	0.25	53.3 b
Licthor	1.0	100.0 a
Licthor	2.0	100.0 a
Canelys	0.25	100.0 a
Testigo	Sin biofungicida	0.0 e

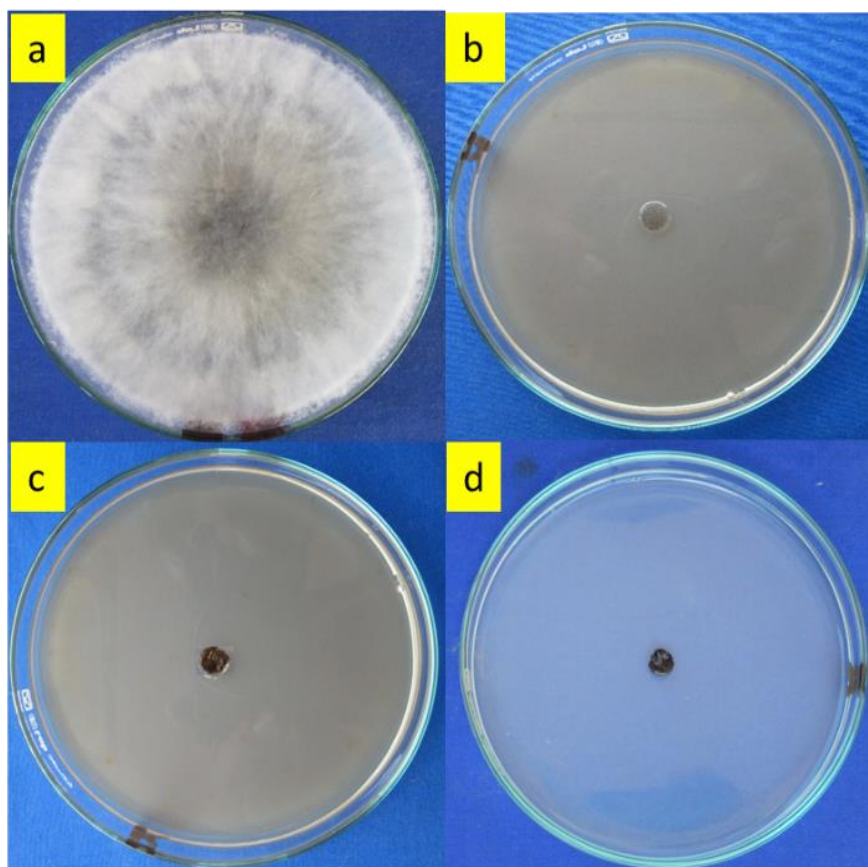


Figura 8. a) desarrollo del hongo *L. theobromae* (testigo), b y c) efecto del biofungicida licthor 1.0 y 2.0 ml/ 100 ml y d) canelys 0.25 ml/100 ml de PDA se observa 100% de inhibición micelial.

4.2.2. Efecto de los biofungicidas frente al hongo *Thielaviopsis paradoxa*

En el cuadro 7 y figura 9 se aprecian los resultados del efecto de biofungicidas frente al hongo *T. paradoxa*, donde los tratamientos con los biofungicidas Canelys (0.25 ml/100 ml de PDA) y Licthor (1 y 2 ml/100 ml de PDA) inhibieron al 100 % el crecimiento micelial del hongo, seguidos de Desfan (0.25 ml/100 ml) y BC 1000 (0.25 ml/100 ml), que inhibieron al 74.4% y 58.5% respectivamente, superando significativamente al testigo y a otros tratamientos; demostrándose la eficiencia de estos biofungicidas con actividad inhibitoria.

Cuadro 7. Eficiencia *in vitro* de los biofungicidas contra hongo *Thielaviopsis paradoxa* agente causal de la pudrición de la corona en banano.

Tratamientos	Dosis (ml/100 ml de PDA)	Inhibición respecto al testigo (%)
Ecoswing	0.5	14.6 e
Ecoswing	1.0	31.7 d
Desfan	0.15	0.0 f
Desfan	0.25	74.4 b
BC 1000	0.15	36.6 d
BC 1000	0.25	58.5 c
Licthor	1.0	100.0 a
Licthor	2.0	100.0 a
Canelys	0.25	100.0 a
Testigo	Sin biofungicida	0.0 f

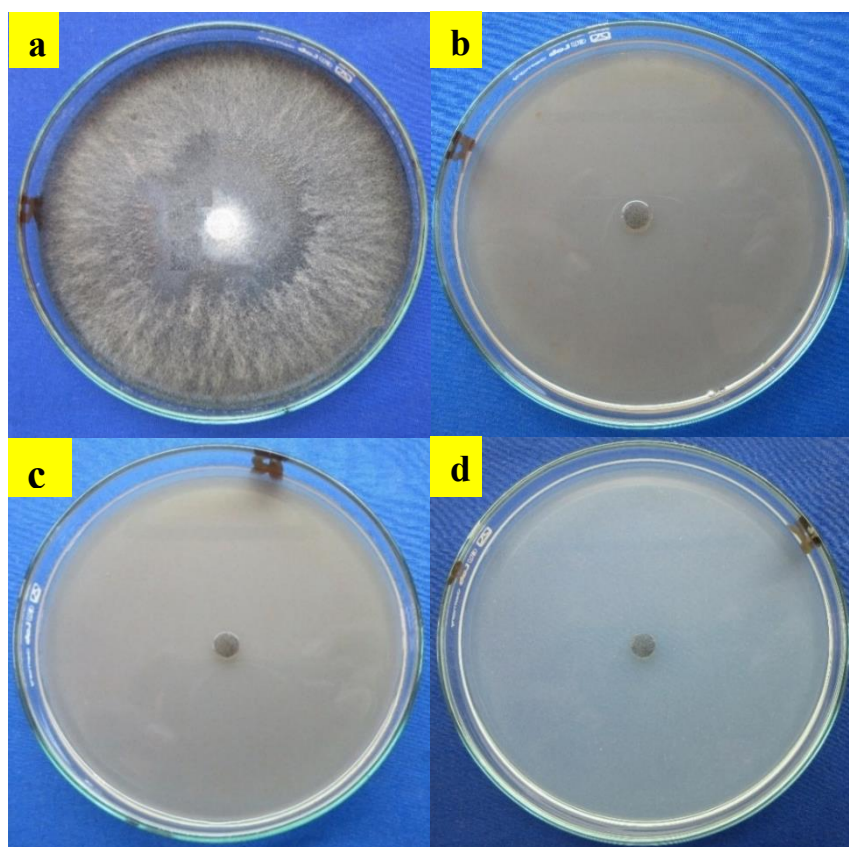


Figura 9. a) Desarrollo micelial del hongo *T. paradoxa* (testigo) b y c) efecto del biofungicida lichthor 1.0 y 2.0 ml/ 100 ml y d) canelys 0.25 ml/100 ml de PDA se observa 100% de inhibición micelial.

4.2.3. Efecto de los biofungicidas frente al hongo *Colletotrichum musae*

Los resultados del efecto de biofungicidas frente al hongo *C. musae* se aprecian en el cuadro 8 y figura 10, donde los tratamientos con los biofungicidas Canelys (0.25 ml/100 ml de PDA) y Licthor (1 y 2 ml/100 ml de PDA) inhibieron al 100 % el crecimiento micelial del hongo, seguidos de Desfan (0.25 ml/100 ml) y BC 1000 (0.25 ml/100 ml), que inhibieron al 76.7% y 58.3% respectivamente, no presentaron diferencia significativa entre ellos demostrándose la eficiencia de estos biofungicidas con actividad inhibitoria del crecimiento micelial del hongo, superando significativamente al testigo y a otros tratamientos.

Cuadro 8. Eficiencia *in vitro* de los biofungicidas contra el hongo *Colletotrichum musae* agente causal de la pudrición de la corona en banano.

Tratamientos	Dosis (ml/100 ml de PDA)	Inhibición respecto al testigo (%)
Ecoswing	0.5	7.1 f
Ecoswing	1.0	16.7 f
Desfan	0.15	43.3 d
Desfan	0.25	76.7 b
BC 1000	0.15	23.3 e
BC 1000	0.25	58.3 c
Licthor	1.0	100.0 a
Licthor	2.0	100.0 a
Canelys	0.25	100.0 a
Testigo	Sin biofungicida	0.0 g

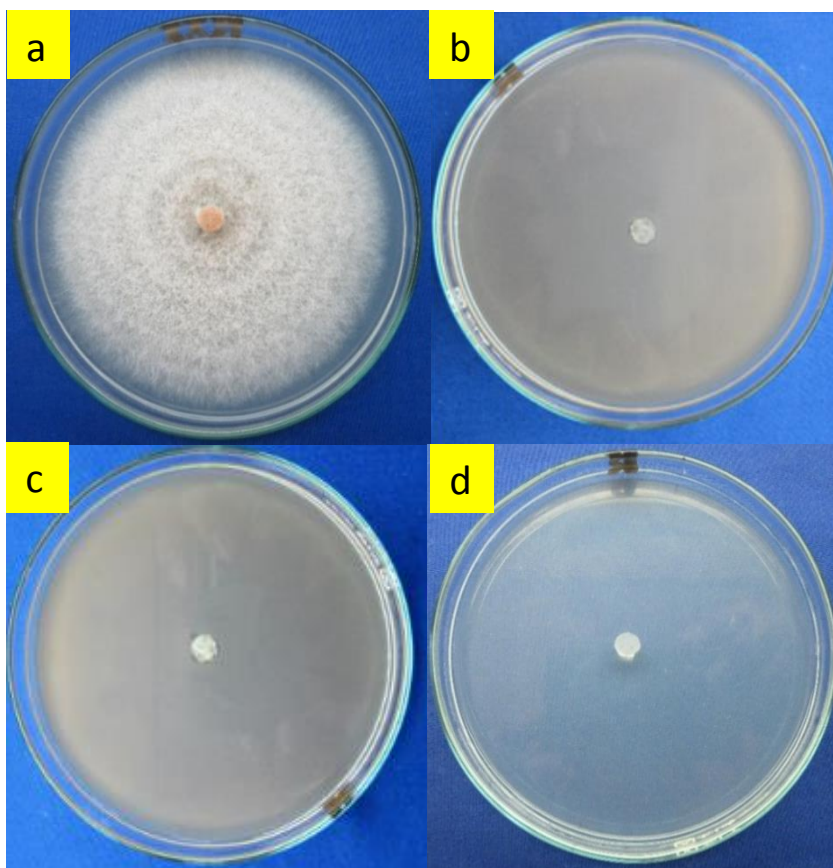


Figura 10. a) Desarrollo micelial del hongo *C. musae* (testigo) b y c) efecto del biofungicida lichthor 1 y 2 ml/100 ml de PDA y d) canelys 0.25 ml/100 ml se aprecia 100 % de inhibición micelial.

4.2.4. Efecto de los biofungicidas frente al hongo *Fusarium verticillioides*

Los resultados del efecto de biofungicidas frente al hongo *F. verticillioides* se aprecian en el cuadro 9 y figura 11, donde los tratamientos con los biofungicidas Canelys (0.25 ml/100 ml de PDA) inhibió al 100 % el crecimiento micelial del hongo, seguidos de Licthor (1 y 2 ml/100 ml de PDA), que inhibieron al 90% y 95 % respectivamente, estadísticamente no presentaron diferencia significativa entre ellos demostrándose la eficiencia de estos biofungicidas con actividad inhibitoria del crecimiento micelial del hongo, superando significativamente al testigo y a otros tratamientos.

Cuadro 9. Eficiencia *in vitro* de los biofungicidas contra el hongo *Fusarium verticillioides* agente causal de la pudrición de la corona en banano.

Tratamientos	Dosis (ml/100 ml de PDA)	Inhibición respecto al testigo (%)
Ecoswing	0.5	5.0 h
Ecoswing	1.0	15 f
Desfan	0.15	24.4 e
Desfan	0.25	33.9 d
BC 1000	0.15	10.0 g
BC 1000	0.25	15.0 f
Licthor	1.0	90 c
Licthor	2.0	95 b
Canelys	0.25	100 a
Testigo	Sin biofungicida	0.0 i

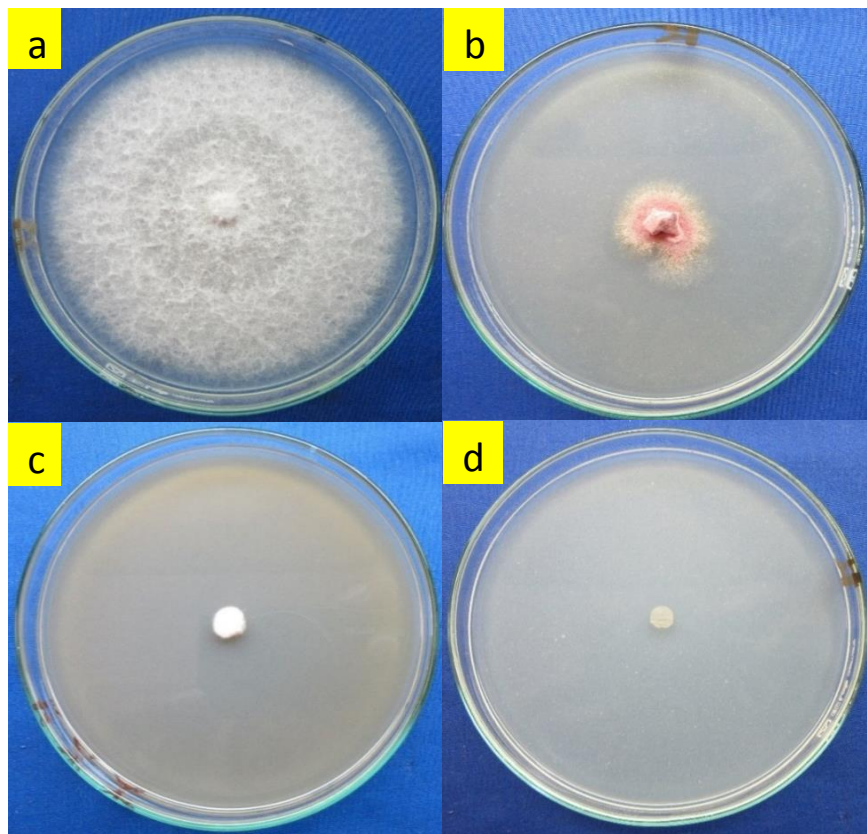


Figura 11. a) Desarrollo micelial del hongo *F. verticillioides*, (testigo) b y c) efecto del producto lichthor 1 y 2 ml/100 ml de PDA y d) canelys 0.25 ml/100 ml de PDA se aprecia 90, 95 y 100 % de inhibición del crecimiento micelial del hongo respectivamente.

Según trabajos de investigación realizados en Egipto por los investigadores Abd-Alla et al., (2014), en los ensayos de *in vitro* mostraron que los aceites esenciales de canela y almendras amargas aplicados a una concentración de 0,125%, redujeron significativamente el desarrollo de los hongos *F. semitectum* y *C. musae* en un 63% y 44%, respectivamente. El porcentaje de reducción del crecimiento fúngico aumentó gradualmente con el aumento de la concentración de los dos aceites esenciales hasta alcanzar el 100% para una concentración del 1%. En trabajos realizados por Ranasinghe et al., (2003) se aislaron los hongos patógenos de la podredumbre de corona del plátano de la variedad Èmbul (*C. musae*, *F. proliferatum* y *L. theobromae*) y se trataron *in vitro* con el extracto de aceite de la corteza de canela, observándose un efecto fungistático y fungicida en concentraciones de 0,64 - 1,00 mg/ml. Win et al., (2007) también evaluaron la actividad antifúngica de los extracto de canela sobre los hongos *C. musae*, *Fusarium* sp., y *L. theobromae*; se aplicaron concentraciones de 0; 0,1; 0,5; 1; 5 y 10 g/l del extracto in vitro en medio PDA, el extracto de canela inhibió completamente la germinación de conidias y el crecimiento micelial con la concentración de 5 g/l. Al Zaemey et al., (1993) estudiaron el efecto de algunos ácidos orgánicos (ácido oleico, ácido palmítico, láurico y ácido cítrico) sobre *C. musae*, en ensayos in vitro los ácidos se incorporaron al medio de cultivo agar agar para determinar su capacidad de inhibición sobre el crecimiento lineal del hongo. La reducción del crecimiento fue significativa para los ácidos cítrico, oxálico y oleico a las dosis de 1-3%.

En este estudio el producto canelys inhibió al 100% el crecimiento micelial de los hongos *L. theobromae*, *T. paradoxa*, *C. musae* y *F. verticillioides*, posiblemente se deba a sus metabolitos secundarios, aldehído cinámico (cinamaldehído), y eugenol que poseen propiedades bactericidas y fungicidas, se le atribuye al deterioro de la membrana celular, afectando con ello la permeabilidad, favoreciendo el flujo de protones, alterando los sistemas enzimáticos y la producción de energía, por lo tanto inhibe la germinación de las células fungosas. (Denyer y Hugo, 1991; Helander et al., 1998; Ultee et al., 1999; Tassou et al., 2000).

Asimismo el producto lichthor (dosis alta y baja) inhibió al 100% el crecimiento micelial de los hongos *L. theobromae*, *T. paradoxa*, *C. musae*; y para *F. verticillioides* 95 y 90% respectivamente, este biofungicida como ingrediente activo contiene ácidos urónicos (sucratos), que ingresan a las células de los fitopatógenos, induciendo en ellos la formación de enzimas autolíticas, las cuales desencadenan reacciones bioquímicas y plasmólisis de la membrana celular del hongo, se interrumpen los procesos metabólicos y finalmente sufren una lisis; probablemente este modo de acción hayan tenido estos productos frente a los hongos en estudio (BIOGEN, 2017).

4.3. Efecto de los biofungicidas en frutos de banano

4.3.1. Efecto de los biofungicidas frente al hongo *Lasiodiplodia theobromae*

Los resultados del efecto de biofungicidas frente al hongo *L. theobromae* se aprecian en el cuadro 10, donde los tratamientos no presentaron diferencia significativa entre ellos, pero numéricamente se observa que con los tratamientos testigo absoluto y canelys (0.75 %) registraron grado de severidad con una media de cero (0) y el testigo alcanzó una media de 0.33. El bajo grado de severidad que se registró en todos los tratamientos probablemente se deba a que los frutos después de haber sido inoculadas y aplicadas con los biofungicidas fueron incubadas en cámaras de refrigeración a una temperatura de 13°C que fueron desfavorables para la infección, ya que según los reportes de Slippers *et al.*, (2004) y Alves *et al.*, (2008) indican que las temperaturas de crecimiento para *L. theobromae* son 15 °C como mínimo, 28 °C como óptima y 40 °C como máxima.

Cuadro 10. Efecto de los biofungicidas contra el hongo *Lasiodiplodia theobromae* agente causal de la pudrición de corona en frutos de banano orgánico.

Tratamientos	concentración (%)	Severidad
Ecoswing	1.5	0.5 a
Desfan	0.75	0.17 a
BC 1000	0.75	0.17 a
Licthor	2.0	0.5 a
Canelys	0.75	0 a
Testigo	Hongo inoculado sin biofungicida	0.33 a
Test. Absoluto	Sin inoculacion	0 a

4.3.2. Efecto de los biofungicidas frente al hongo *Thielaviopsis paradoxa*

En el cuadro 11 se observan los resultados del efecto de biofungicidas frente al hongo *T. paradoxa*, donde los tratamientos testigo absoluto y canelys (figura 13) (0.75 %) registraron grado de severidad con una media de cero (0), seguido de BC 1000 (0.75) y Desfan (0.75), que ambos alcanzaron medias de 0.83, superando significativamente ($P \leq 0.05$) al testigo que alcanzó máximo grado de severidad con media de 6. Según Abd-Alla *et al.*, (2014), en su trabajo de investigación con aceites esenciales de canela a 4 % de concentración a nivel de *in vitro* inhibió al 100% el desarrollo fúngico y en frutos de banano inoculados artificialmente con los hongos y luego tratados con aceites esenciales redujeron significativamente la severidad de la pudrición de la corona.

En la investigación realizada por Demerutis (2010), al usar un producto orgánico a partir de semillas de cítricos, conocido como Biocto 6 (1ml/l Biocto + Verdiol 2.5%/l) se obtuvo un control eficaz del hongo *Fusarium semitectum*, causante de la pudrición de corona en banano. Asimismo, encontró que la aplicación de extractos de semillas cítricos junto a un coadyuvante de base cerosa posiciona a esta sustancia en igualdad de efectividad que los tratamientos químicos habituales. Los resultados obtenidos en nuestro trabajo de investigación con Desfan y BC 1000 donde ambos obtuvieron 0.83 de severidad, el ingrediente activo de estos biofungicidas son extractos de cítricos, por lo que es probable que haya tenido el modo de acción descrita por AGROTERRA (s.f.), donde reportan que los mecanismos de acción de ácidos cítricos provocan la ruptura de la membrana celular de los hongos e inducen la resistencia natural por la formación de elicitores que conllevan a la formación de Fitoalexinas y estas inhiben la germinación de las conidias evitando la penetración de los hongos al tejido vegetal.

Cuadro 11. Efecto de los biofungicidas contra el hongo *Thielaviopsis paradoxa* agente causal de la pudrición de corona en frutos de banano orgánico.

Tratamientos	Concentración (%)	Severidad
Ecoswing	1.5	3 b
Desfan	0.75	0.83 a
BC 1000	0.75	0.83 a
Licthor	2.0	3.17 b
Canelys	0.75	0 a
Testigo	Hongo inoculado sin biofungicida	6 c
Test. Absoluto	Sin inoculacion	0 a

4.3.3. Efecto de los biofungicidas frente al hongo *Colletotrichum musae*

Los resultados del efecto de biofungicidas frente al hongo *C. musae* se aprecian en el cuadro 12, donde el testigo absoluto registro un grado de severidad de cero (0) (Figura 12), superando los demás tratamientos y al testigo que alcanzó grado de severidad de 6.

Como testigo absoluto se empleó agua destilada sin inóculo, con lo cual los frutos no presentaron ningún síntoma de la enfermedad, este resultado demuestra que el agua que se debe emplear en las tinas de proceso debe estar limpia y libre de microorganismos (hongos), por lo cual se debe mantener aséptica la zona de proceso y alejadas de las posibles fuentes de inóculo.

En todos los tratamientos con biofungicidas se observó que el hongo *C. musae* ocasionó síntomas de pudrición en la corona con diferente grado de severidad, esto podría atribuirse a lo descrito por Pérez y Vidal (2002), donde indican que los conidios de *C. musae* germina en un rango amplio de temperatura comprendido entre 10 - 38 °C; en este estudio los frutos fueron incubadas en refrigeración a temperatura de 13°C por lo que habría favorecido la infección.

Cuadro 12. Efecto de los biofungicidas contra el hongo *Colletotrichum musae* agente causal de la pudrición de corona en frutos de banano orgánico.

Tratamientos	Concentración (%)	Severidad
Ecoswing	1.5	3.83 cd
Desfan	0.75	4.5 e
BC 1000	0.75	1.67 b
Licthor	2.0	4.67 e
Canelys	0.75	3 c
Testigo	Hongo inoculado sin biofungicida	6 f
Test. Absoluto	Sin inoculación	0 a

4.3.4. Efecto de los biofungicidas frente al hongo *Fusarium verticillioides*

Los resultados del efecto de biofungicidas frente al hongo *F. verticillioides* se aprecian en el cuadro 13, donde el testigo absoluto registró un grado de severidad con una media de cero (0), estadísticamente superó significativamente ($P \leq 0.05$) a los demás tratamientos y al testigo que alcanzó máximo grado de severidad con media de 6.

Cuadro 13. Efecto de los biofungicidas contra el hongo *Fusarium verticillioides* agente causal de la pudrición de la corona en frutos de banano orgánico.

Tratamientos	concentración (%)	Severidad
Ecoswing	1.5	3 d
Desfan	0.75	2.17 c
BC 1000	0.75	2.67 cd
Licthor	2.0	2.67 cd
Canelys	0.75	1 ab
Testigo	Hongo inoculado sin biofungicida	6 e
Test. Absoluto	Sin inoculacion	0 a

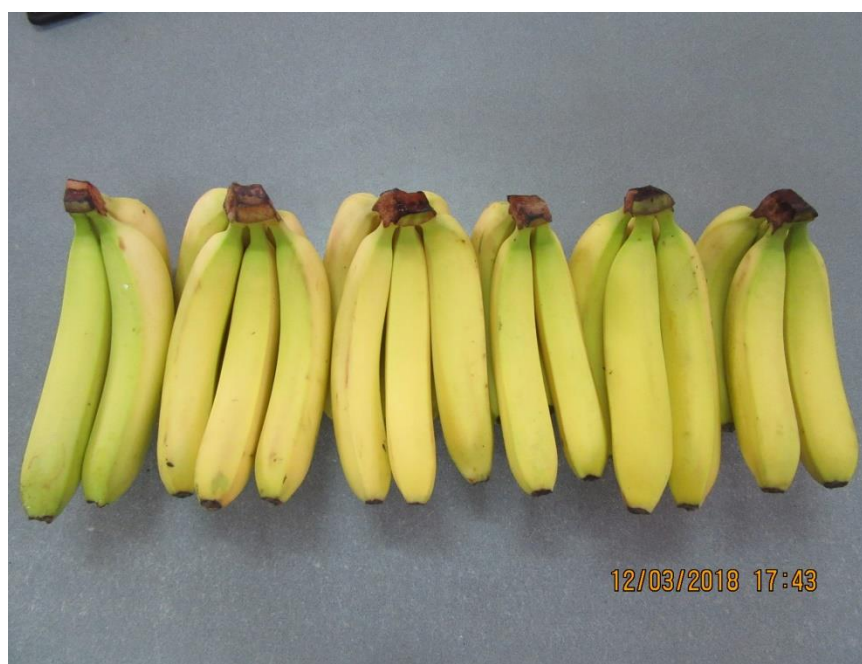


Figura 12. Frutos de banano con grado de severidad 0 (cero) con el tratamiento testigo absoluto (sin inoculación).



Figura 13. Efecto del biofungicida canelys (0.75%) en frutos de banano con grado de severidad 0 (cero) frente al hongo *T. paradoxa*.



Figura 14. Efecto del biofungicida BC 1000 (0.75%) en frutos de banano con grado de severidad 1.67 frente al hongo *C. musae*.



Figura 15. Frutos de banano con grado de severidad 6, inoculados con los hongos *T. paradoxa*, *C. musae* y *F. verticillioides*.

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES

1. Como fuentes de inóculo de la enfermedad de pudrición de la corona se detectaron los siguientes: raquis, vaina envolvente, inflorescencia, frutos de descarte, frutos de deshive, madera de coco, cucula, ramas de mango, ramas de vid, caña de guayaquil y hojas secas de palma cocotero (figura 1-7).
2. *In vitro* los biofungicidas canelys (0.25%) y lichthor (1 y 2%) inhibieron al 100 % el crecimiento micelial de los hongos *Lasiodiplodia theobormae*, *Thielaviopsis paradoxa*, *Colletotrichum musae* y frente a *Fusarium verticillioides* inhibieron 100, 90 y 95% respectivamente.
3. En frutos menor severidad se obtuvo con el biofungicida canelys (0.75 %) con grado 0 (cero) frente a *L. theobromae* y *T. paradoxa* y grado 1 frente *F. verticillioides* y 1.67 con BC1000 (0.75 %) frente a *C. musae*.

CAPÍTULO 6

6. RECOMENDACIONES

1. En campo no incorporar como mulch restos de tejidos vegetales, evitar cultivar plantas de mango y vid cerca al área de proceso, no emplear material rustico (caña de guayaquil y hojas secas de palma cocotero) en el techo de las zonas de proceso y tomar en cuenta la dirección del viento para la instalación de la planta de proceso.
2. Continuar con la detección de fuente de inóculo del hongo *Thielaviopsis paradoxa* en otras estaciones con diferentes condiciones ambientales.
3. Realizar ensayos de investigación con mayor número de repeticiones e incrementar la dosis de los biofungicidas.

CAPÍTULO 7

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABD-ALLA MA, EL-GAMAL NG, EL-MOUGY NS y ABDEL-KADER MM. (2014) – Post-harvest treatments for controlling crown rot disease of Williams banana fruits (*Musa acuminata* L.) in Egypt. Plant Pathology & Quarantine 4(1), 1–12, Doi 10.5943/ppq/4/1/1
2. AGROTERRA. (s.f.). Extracto de cítricos Bio 150 100 ml (hongos y bacterias) Disponible en: <https://www.agroterra.com/p/extracto-de-citricos-bio-150-100ml-hongos-y-bacterias-3089655/3089655> [accesado el 06 de Abril del 2018]
3. ALVINDIA, D. G., KOBAYASHI, T., NATSUAKI, K.T. y TANDA, D. (2004). Inhibitory influence of inorganic salts on banana postharvest pathogens and preliminary application to control Crown rot. Journal of General Plant Pathology 70 (1): 61-65.
4. AL ZAEMEY, A., MAGAN, N. y THOMSON, A. (1993). Studies on the effect of fruit-coating polymers and organic acids on growth of *Colletotrichum musae* in vitro and on post-harvest control of anthracnose of bananas. Mycological Research 97(12): 1463-1468.
5. ALVES, A., CROUS, P., CORREIA, A. y PHILLIPS, A. (2008). Morphological and molecular data reveal cryptic speciation in *Lasiodiplodia theobromae*. Fungal Diversity 28:1-13.
6. ANDINA. (2016). Exportaciones de Banano Orgánico se incrementan 19% en la región Piura. Disponible en: <http://andina.pe/agencia/noticia.aspx?id=627304> [accesado el 08 de marzo del 2018]
7. ANÓNIMO. (1994). Postcosecha del plátano. Pp.69.Ed. Coplaca. Tenerife.
8. AUBERT, B. (1973). Particularites anatomiques liées au comportement hydrique des bananiers. Fruits 28(9): 589-604.
9. BARNETT, H. y HUNTER, B. (1998). Illustrated genera imperfect fungi. Editorial Burgess Publishing Company. USA. 241 pp.
10. BEUGNON, M. CHAMPION, J. (1966). Étude sur les racines du bananier. Fruits 21(7): 309-327.

11. BIOGEN. (2017). Licthor. Fungicida biológico. Lima, Perú BIOGEN AGRO S.A.C. 6 p.
12. CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal) “Guía Técnica del Cultivo de Plátano”, 2010. Consultada el 26 de febrero del 2017. Disponible en <http://www.centa.gob.sv/docs/guias/frutales/GUIA%20CULTIVO%20PLATANO%202011.pdf>
13. CHAMPION, J. (1968). El plátano. Editorial Blume. Barcelona, España. 247 pp.
14. DE LANGHE, E. (1996). Banana and plantain: The earliest fruit crops? In INIBAP Annual Report 1995. Montpellier, France, INIBAP.p. 6-8
15. DE LAPEYERE, L y MOURICHON, X. (1998). The Biology of *Colletotrichum musae* and its relation to control of banana Anthracnose. Acta Hortícola 490:297-303.
16. DENYER, S. y HUGO, W. (1991). Mechanisms of antibacterial action- A summary En: S.P. Denyer y W.B. Hugo (Eds). Mechanisms of action of Chemical BIOCIDES. Blackwell scientific Publications Oxford. Pp.331-334
17. DEMERUTIS, C. 2010. Requerimientos de calidad y seguridad en la exportación de frutas y verduras tropicales. Revista Latinoamérica de tecnología Postcosecha, Hermosillo: México 11 (1): 1-7.
18. DOUGLAS, M; SUTTON, T; BLANKENSHIP y S; SWALLOW, W. 1997. Hongos asociados a la pudrición de la corona del banano. En informe anual 1996 CORBANA (Costa Rica) 67-69.
19. DUQUE, M., TORRES, J., ORAMAS, J. y FERNÁNDEZ, J. (2004) Pudrición de corona en el plátano canario. Pp. 41. Ed. Coplaca, Tenerife.
20. FINLAY, A y BROWN, E. (1993). The relative importance of *Colletotrichum musae* as a Crown-rot pathogen on Windward Island bananas. Plant Pathology (1993) 42,67-74. Reino Unido.
21. GARCÍA, R. (2011). Hongos asociados a la pudrición de la corona en frutos de banano orgánico (*Musa spp.* L.) en Piura, Perú. Tesis. Ingeniera agrónoma. Universidad Nacional de Piura.
22. GONZÁLES, M. (1987). Enfermedades del cultivo de banano. San José (C.R) Programa de Educación Agrícola de la Universidad de Costa Rica 102 p.

23. HELANDER, I., ALAKOMI, H., LATVA-KALA, K., MATTILA- SANDHOLM, T., POL, I., SMID, E., GORRIS, L. y VON WRIGTH, A. (1998). Characterization of the action of selected essential oil components on Gram negative bacteria. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 46:3590-3595.
24. HERNÁNDEZ, J., SALA. L., GALLO L. (1984). Crown rot del plátano. I. Patogenicidad de cepas y resistencia a productos. En “Resúmenes III. Congreso de Fitopatología” Tenerife.
25. JANISIEWICZ, W. (2000). *Pseudomonas syringae* (saprophytic strain) and “Fruit Yeasts”. Cornell University, E.U.A.
26. LAVILLE, E. (1964). Études de la mycoflore des racines du bananier “poyo”. *Fruits* 19(8): 435-449.
27. LEÓN, J. (1987). Botánica de los cultivos tropicales. IICA. San José, Costa Rica.
28. LLONTOP, J. (2009). Nuevas tendencias en el control de enfermedades de banano orgánico. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú.
29. MARTÍNEZ, A. (2010). Cultivo del Plátano. Perú: Editorial San Marcos. Lima, Perú.
30. MINISTERIO NACIONAL DE AGRICULTURA-MINAGRI. (2015). Exportación de banano orgánico peruano creció 94% en últimos 5 años en: <http://minagri.gob.pe/portal/noticias-anteriores/notas-2015/12218-minagri-exportacion-de-banano-organico-peruano-crecio-94-en-ultimos-5-anos> [accesado el 08 de marzo del 2018]
31. MUIRHEAD, I. y JONES, D. (2000). Diseases of banana, abaca and enset. En “Postharvest disease” (D.R. Jones, ed), pp. 190-206. CABI Publishing, U.K.
32. ORDOÑEZ A. (2005). “Diseño de un proceso para la maduración acelerada de banano utilizando etefón como agente madurador”. Tesis. Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción. Escuela Superior Politécnica del Litoral, p. 3, 72.
33. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN-FAO. (2003). Manual para la preparación y venta de frutas y hortalizas, Capítulo 1: Cosecha. Disponible en: <http://www.fao.org> [accesado el 11 de marzo del 2017]
34. PERERA, S., MARRERO A. y HERNÁNDEZ, J. (2004). Evaluación de la eficacia de seis fungicidas sobre la pudrición de corona de plátano. Trabajo fin de carrera. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria. Universidad de La Laguna.

35. PÉREZ, L. Y VIDAL, I. (2002). Aspectos de la biología de *Colletotrichum musae* (Berk. & Curt.) V. arx y *Fusarium pallidroseum* (Cooke) Saccardo agentes causales de la pudrición de la corona de los bananos (musa sp.) en Cuba 6 (1). Instituto nacional de sanidad vegetal, La Habana, Cuba.
36. PLOETZ, R. y CORRELL, J. (1988). Plant Disease 72, 325-328.
37. PLOETZ, C., A. ZENTMEYER, T., NISHIJIMA, G., ROHRBACH & D. OHR. (1994). Compendium of tropical Fruit diseases. St. Paul, MN. APS Press.
38. PLOETZ, R.C., THOMAS, J. E. y SLABAUGH, W. (2003). Diseases of banana and plantain. Pp. 73 – 134 in: R.C. Ploetz, ed. Diseases of Tropical Fruit Crops. Cabi International, London. 527 pp.
39. RANASINGHE, L.S., BIMALI, J. y KRISHANTI, A. (2003). Use of waste generated from cinnamon and the development of Crown rot in banana. Acta horticulturae 516, 139-143
40. RODRÍGUEZ, D. (1955). Bananas: An outline of the economic history of production and trade with special reference to Jamaica. Kingston, Jamaica, Department of Agriculture, Commodity Bull. N°.1
41. RODRÍGUEZ, G. (1999). Manejo de la pudrición de la corona en banano orgánico. Trabajo de Graduación. Ingeniero agrónomo. EARTH. Guácimo, C.R. 38 p.
42. ROBINSON, J.C. (1996). Bananas and plantains. CAB International, England.
43. SASAKI, J. (1997). Alternativos para sustituir el uso de fungicidas en el tratamiento postcosecha de la pudrición de corona en banano (Musa AAA). Trabajo de Graduación. Guácimo, CR, EARTH. 48 p.
44. SILVA, T. (2013). Comportamento *in vitro* de *Chalara paradoxa* sob diferentes condições de cultivo. Areia–PB. Trabajo de graduación. Ingeniera agrónoma. Universidad Federal de Paraíba.
45. SIMMONDS, N. (1959). Bananas. London, Longmans, Green. p. 76-97, 308-333.
46. SIMMONDS, N. (1973). Los plátanos. Editorial Blume. Barcelona, España. 539 pp.
47. SIMMONDS, N. (1995). Bananas. In evolution of Crop Plants.2 ed. Smart, J;
48. SLABAUGH, W. y GROVE, M. (1982). Postharvest diseases of bananas and their control. Plant Disease 66 (8). P 746-750.

49. SLIPPERS, B., CROUS, P., DENMAN, S., COUTINHO, T., WINFIELD, B. y WINGFIELD, M. (2004). Combined multiple gene genealogies and phenotypic characters differentiate several species previously identified as *Botryosphaeria dothidea*. *Mycologia* 96:83-101
50. SOTO, M. (1992). Bananas: Cultivo y comercialización. 2. Ed. San José, Costa Rica, LIL.
51. SOTO, M. (1995). Bananas: Cultivo y comercialización. San José, Costa Rica, LIL S.A. 619 p.
52. SOTO, M. (2002). Banano, cultivo y comercialización. San José, Costa Rica. 1 disco compacto. 8 mm.
53. STOVER R. y DICKSON J. (1976). Banana leaf spot caused by *Mycosphaerella musicola* and *M. fijiensis* var. *Difformis*: a comparison of the first Central American epidemics.
54. TASSOU, C., KOUTSOUMANIS, K. y NYCHAS, G. (2000). Inhibition of *Salmonella enteritidis* and *Staphylococcus aureus* in nutrient broth by mint essential oil. *Food Research International* 33: 273-280
55. ULTEE, A., KETS, E. y SMID, E. (1999). Mechanisms of action of carvacrol on the food-borne pathogen *Bacillus cereus*. *Applied Environmental Microbiology*. 65(10): 4606-4610
56. VITADELIA. 2008. Bananas, algunas características y propiedades. Disponible en <http://www.vitadelia.com> [accesado el 26 de febrero del 2017]
57. VON LOESECKE, H. 1950. Bananas. 2 ed, New York, Interscience. p. 1-15
58. WIN, N., JITAREERAT, P., KANLAYANARAT, S. y SANGCHOTE, S. (2007). Effect of cinnamon extract, chitosan coating, hot water treatment and their combinations on crown rot disease and quality of banana fruit. *Postharvest Biology and Technology* 45(3): 333-340.

ANEXOS

Cuadro 14. Análisis de varianza del efecto de los biofungicidas a nivel de *in vitro* en la inhibición del crecimiento micelial del hongo *L. theobromae*. Piura-2018.

ANVA	G.L.	S.C.	C.M.	F	F (5%)	F (1%)	Sig.
Tratamientos	9	604.66725	67.18525	4770.5503	2.21069	3.06651	*
Error	30	0.4225	0.014083				
Total	39	605.08975					
C.V.	2.16%						

Cuadro 15. Análisis de varianza del efecto de los biofungicidas a nivel de *in vitro* en la inhibición del crecimiento micelial del hongo *T. paradoxa* Piura-2018.

ANVA	G.L.	S.C.	C.M.	F	F (5%)	F (1%)	Sig.
Tratamientos	9	482.62725	53.62525	230.06900	2.21069	3.06651	*
Error	30	6.9925	0.23308				
Total	39	489.61975					
C.V.	11.09%						

Cuadro 16. Análisis de varianza del efecto de los biofungicidas a nivel de *in vitro* en la inhibición del crecimiento micelial del hongo *C. musae* Piura-2018.

ANVA	G.L.	S.C.	C.M.	F	F (5%)	F (1%)	Sig.
Tratamientos	9	456.186	50.68733	366.85645	2.21069	3.06651	*
Error	30	4.145	0.13816				
Total	39	460.331					
C.V.	8.78%						

Cuadro 17. Análisis de varianza del efecto de los biofungicidas a nivel de *in vitro* en la inhibición del crecimiento micelial del hongo *F. verticillioides* Piura-2018.

ANVA	G.L.	S.C.	C.M.	F	F (5%)	F (1%)	Sig.
Tratamientos	9	464.24	51.58222	2975.89744	2.21069	3.06651	*
Error	30	0.52	0.01733				
Total	39	464.76					
C.V.	2.39%						

Cuadro 18. Análisis de varianza del grado de severidad del hongo *L. theobromae* en frutos de banano frente al efecto de los biofungicidas. Piura-2018.

ANVA	G.L.	S.C.	C.M.	F	F (5%)	F (1%)	
Tratamientos	6	0.25820	0.04303	1.19484	2.37178	3.36793	N.S.
Error	35	1.26056	0.03601				
Total	41	1.51876					
C.V.	17.31%						

Cuadro 19. Análisis de varianza del grado de severidad del hongo *T. paradoxa* en frutos de banano frente al efecto de los biofungicidas. Piura-2018.

ANVA	G.L.	S.C.	C.M.	F	F (5%)	F (1%)	
Tratamientos	6	13.79179	2.29863	45.33870	2.37178	3.36793	*
Error	35	1.77446	0.05069				
Total	41	15.56626					
C.V.	13.95%						

Cuadro 20. Análisis de varianza del grado de severidad del hongo *C. musae* en frutos de banano frente al efecto de los biofungicidas. Piura-2018.

ANVA	G.L.	S.C.	C.M.	F	F (5%)	F (1%)	
Tratamientos	6	11.05583	1.84263	21.39138	2.37178	3.36793	*
Error	35	3.01487	0.08613				
Total	41	14.07070					
C.V.	14.59%						

Cuadro 21. Análisis de varianza del grado de severidad del hongo *F. verticillioides* en frutos de banano frente al efecto de los biofungicidas. Piura-2018.

ANVA	G.L.	S.C.	C.M.	F	F (5%)	F (1%)	
Tratamientos	6	9.47704	1.57950	12.92836	2.37178	3.36793	*
Error	35	4.27608	0.12217				
Total	41	13.75312					
C.V.	19.62%						